



SKRIPSI - ME 141501

ANALISA APLIKASI FLETTNER ROTOR PADA OFFSHORE
SUPPORT VESSEL PANJANG 56 METER DENGAN METODE
CFD

ONDRA PENNA ILHAMI
NRP 4211 100 111

Dosen Pembimbing :
Ir. Tony Bambang Musrijadi, PGD

JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2016



FINAL PROJECT - ME 141501

FLETTNER ROTOR APPLICATION FOR OFFHORE SUPPORT
VESSEL 56 METRES LENGTH ANALYSIS USING CFD
METHOD

ONDRA PENNA ILHAM
NRP 4211 100 111

Supervisor :
Ir. Tony Bambang Musrijadi, PGD

DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING
Faculty of Marine Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2016

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan limpahan rahmat, taufiq, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “*Analisa Aplikasi Flettner Rotor Pada Offshore Support Vessel Panjang 56 Meter Dengan Metode CFD*”. Sholawat serta salam semoga tetap tercurahkan pada bimbingan kita Nabi Muhammad SAW, semoga kita mendapatkan syafaatnya di hari akhir kelak.

Penyelesaian skripsi ini bukan hanya semata-mata kerja seorang diri dari penulis, banyak sekali pihak yang turut membantu kesuksesan penyelesaian skripsi ini. Oleh karena itu penulis ingin berterima kasih dan memberikan apresiasi setinggi-tingginya kepada pihak yang turut membantu penyelesaian skripsi ini.

Skripsi ini saya dedikasikan untuk :

1. Allah SWT Tuhan semesta alam, atas segala kuasa dan petunjuk-Nya sehingga penulisan skripsi ini tidak mengalami hambatan yang berarti.
2. Nabi Muhammad SAW, sang pembawa cahaya cerah yang kami nantikan syafaatnya di hari akhir.
3. Papa dan mama, Apendi dan Mustaanah yang senantiasa memberikan doa, restu dan kasih sayang yang tak terbatas.

4. Adik-adik penulis, Dinah, Alwan, dan Della yang telah memberikan motivasi dalam pengerjaan skripsi ini.
5. Bapak Ir. Tony Bambang selaku dosen wali dan dosen pembimbing atas segala dukungan dan motivasi yang telah diberikan.
6. Bapak Dr.Eng M.Badrus Zaman, ST, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS
7. Bapak Ir. Alam Baheramsyah M.Sc selaku dosen wali saya selama masa perkuliahan
8. Teman-teman penulis AMPIBI 11, terima kasih atas dukungan dan semangat yang diberikan.
9. Serta semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu sehingga skripsi bisa terselesaikan dengan lancar.

Surabaya, Januari 2016

Penulis

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA APLIKASI FLETTNER ROTOR PADA OFFSHORE SUPPORT VESSEL PANJANG 56 METER DENGAN METODE CFD

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Marine Manufacturing and Design (MMD)
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

ONDRA PENNA ILHAMI

NRP. 4211 100 111

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD
NIP. 1959 0410 1987 01 1001

()

SURABAYA
Januari, 2016

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA APLIKASI FLETTNER ROTOR PADA OFFSHORE SUPPORT VESSEL PANJANG 56 METER DENGAN METODE CFD LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi Marine Manufacturing and Design (MMD)
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

ONDRA PENNA ILHAMI
NRP. 4211 100 111

Disetujui oleh Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan



Dr. Eng. M. Badrus Zaman, ST, MT
NIP. 1977 0802 2008 01 1007

SURABAYA
Januari, 2016

ANALISA APLIKASI *FLETTNER ROTOR* PADA *OFFSHORE SUPPORT VESSEL* PANJANG 56 METER DENGAN METODE CFD

Nama Mahasiswa : Ondra Penna Ilhami
NRP : 4211 100 111
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : Ir. Tony Bambang Musrijadi, PGD

Abstrak

Saat ini dibutuhkan sumber-sumber energi alternatif yang digunakan untuk menggerakkan kapal yang ramah lingkungan dan dapat diperbaharui. Salah satu yang dapat dijadikan sebagai sumber energi alternatif seperti itu adalah angin. Ada banyak sistem-sistem penggerak kapal yang memanfaatkan energi angin di laut. Salah satunya dengan *flettner rotor*. Alat ini berbentuk silinder, berputar di atas kapal. Pada tugas akhir ini akan dianalisis aplikasi *flettner rotor* pada *Offshore Support Vessel (OSV)* panjang 56 meter dengan menggunakan metode CFD (*Computational Fluid Dynamic*). Model *flettner rotor* dibuat di software CFD, lalu disimulasikan dengan menentukan beberapa parameter yang di variasikan seperti kecepatan angin (6m/s, 7m/s, dan 8m/s), rpm (200, 400, dan 800) dan ditambahkan 3 sirip. Hasilnya berupa gaya dorong yang dapat dimanfaatkan untuk menambah kecepatan pada kapal. Dari hasil simulasi didapatkan gaya dorong terbesar dihasilkan ketika kecepatan angin 8m/s dengan *flettner rotor* berputar 400 rpm.

Kata kunci : *Flettner Rotor, Offshore Support Vessel, CFD*

FLETTNER ROTOR APPLICATION FOR OFFSHORE SUPPORT VESSEL 56 METRES LENGTH ANALYSIS USING CFD METHOD

Nama Mahasiswa : Ondra Penna Ilhami
NRP : 4211 100 111
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : Ir. Tony Bambang Musrijadi, PGD

Abstract

Alternate and sustainable energy are needed for ships operation wind energy is one of the considered solutions. There are many ships propulsion system that using wind flow in sea. One of the machine to utilize it is flettner it is flettner rotor. This final project will study flettner rotor application for offshore support vessel (OSV) with 56 metres length using CFD method. Flettner rotor model will be simulate on ANSYS Workbench with some variants, such as wind speed (at 6m/s, 7m/s, 8m/s), rpm (at 200, 400, 600) with three additional fin. The result will be thrust force which is use to increase ship's speed. The final result show highest thrust force at 8m/s wind speed with 400 rpm flettner rotor.

Key Words : Flettner Rotor, Offshore Support Vessel, CFD

Daftar Isi

| | |
|--|----|
| | 1 |
| KATA PENGANTAR | ix |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Perumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Batasan Masalah | 2 |
| 1.4 Tujuan | 2 |
| 1.5 Manfaat Penulisan Skripsi | 3 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1. Jenis Penggerak Kapal Tenaga Angin..... | 5 |
| 2.2. Flettner Rotor | 7 |
| 2.3. Efek Magnus | 8 |
| 2.4. <i>Offshore Support Vessel</i> | 10 |
| 2.5. Teori Dinamika Fluida CFD | 17 |
| BAB III METODOLOGI..... | 20 |
| 3.1. Flowchart | 20 |
| 3.2. Identifikasi dan Perumusan Masalah | 21 |
| 3.3. Studi Literatur | 21 |
| 3.4. Pembuatan Model | 21 |
| 3.5. Pengujian Model dengan Pendekatan CFD..... | 22 |
| 3.6. Variasi yang Diberikan pada Model | 22 |
| 3.7. Validasi | 23 |
| 3.8. Analisa dan Pembahasan..... | 23 |

| | |
|---|----|
| 3.9. Kesimpulan dan Saran | 24 |
| BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN | 25 |
| 4.1. Pembuatan Model | 25 |
| 4.2. Proses Meshing Model..... | 26 |
| 4.3. Variasi | 27 |
| 4.4. Simulasi..... | 27 |
| 4.5. Validasi | 32 |
| 4.6. Analisa Gaya Dorong Flettner Rotor | 32 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN..... | 51 |
| 5.1. Kesimpulan | 51 |
| 5.2. Saran | 52 |
| DAFTAR PUSTAKA | 53 |
| LAMPIRAN..... | 55 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2. 1 Soft Sail..... | 5 |
| Gambar 2. 2Wing Sail..... | 6 |
| Gambar 2. 3 Kapal dengan Flettner rotor | 7 |
| Gambar 2. 4 Cara Kerja Flettner Rotor..... | 8 |
| Gambar 2. 5. Ilustrasi dari efek magnus [7]..... | 9 |
| Gambar 2. 6 Platform supply vessel [10]..... | 11 |
| Gambar 2. 7 Multi Purpose Supply Vessel (MPSV) [11] | 11 |
| Gambar 2. 8 Anchor Handling Tug Supply Vessels (AHTS) [13]..... | 12 |
| Gambar 2. 9 Seismic Vessel [14]..... | 14 |
| Gambar 2. 10 Construction Support Vessels (CSV) [15]..... | 15 |
| Gambar 2. 11 Crane Vessels [15] | 15 |
| Gambar 2. 12 Diving Support Vessel [15]..... | 16 |
| Gambar 2. 13 Safety Standby Vessels [15] | 16 |
| Gambar 2. 14 Offshore Support Vessel | 17 |
| | |
| Gambar 4. 1 Model 3d Flettner rotor | 25 |
| Gambar 4. 2 Meshing pada Flettner rotor..... | 26 |
| Gambar 4. 3 Bagian-bagian Simulasi | 28 |
| Gambar 4. 4 Contour tekanan pada Flettner Rotor | 31 |
| Gambar 4. 5 Peningkatan Efisiensi vs Kecepatan Kapal Pada Flettner tanpa sirip..... | 37 |
| Gambar 4. 6 Peningkatan Efisiensi vs Kecepatan Kapal Pada Flettner Bersirip | 38 |

| | |
|---|----|
| Gambar 4. 7 Peningkatan Kecepatan Kapal vs Efisiensi Kecepatan kapal karena penggunaan flettner rotor pada kecepatan angin 6m/s | 39 |
| Gambar 4. 8 Efisiensi Kecepatan kapal karena penggunaan flettner rotor pada kecepatan angin 7m/s vs Peningkatan kecepatan kapal | 41 |
| Gambar 4. 9 Efisiensi Kecepatan kapal karena penggunaan flettner rotor pada kecepatan angin 7m/s vs Peningkatan kecepatan kapal | 43 |
| Gambar 4. 10 Grafik gaya dorong vs RPM yang dihasilkan semua model | 45 |
| Gambar 4. 11 Grafik gaya dorong vs RPM yang dihasilkan pada flettner tanpa sirip | 46 |
| Gambar 4. 12 Grafik gaya dorong vs RPM yang dihasilkan pada flettner bersirip | 47 |
| Gambar 4. 13 Grafik gaya dorong vs kecepatan angin pada flettner tanpa sirip | 48 |
| Gambar 4. 14 Grafik gaya dorong vs kecepatan angin pada flettner bersirip | 49 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 4. 1 Parameter yang divariasi pada Model Flettner Rotor | 27 |
| Tabel 4. 2 Hasil Simulasi Model Flettner Rotor Tanpa Sirip menggunakan Software CFD | 33 |
| Tabel 4. 3 Hasil Simulasi Model Flettner Rotor dengan Sirip menggunakan Software CFD | 34 |
| Tabel 4. 4 Efisiensi kecepatan kapal karena penambahan flettner rotor tak bersirip | 35 |
| Tabel 4. 5 Efisiensi kecepatan kapal karena penambahan flettner rotor tak bersirip | 35 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini perkembangan teknologi yang ramah lingkungan menjadi prioritas yang diaplikasikan dalam menciptakan alat-alat penunjang kehidupan. Salah satunya di bidang transportasi, khususnya kapal. Dibandingkan alat-alat transportasi lainnya, dibutuhkan energi yang sangat besar untuk menggerakkan kapal. Energi yang besar ini jelas menghabiskan banyak bahan bakar yang memakan biaya yang tidak sedikit. Disamping itu, polusi udara yang dihasilkan dari gas-gas emisi hasil pembakaran tersebut juga tinggi.

Oleh karena itu, dibutuhkan sumber-sumber energi alternatif yang digunakan untuk menggerakkan kapal yang ramah lingkungan dan dapat diperbaharui. Salah satu yang dapat dijadikan sebagai sumber energi alternatif seperti itu adalah angin.

Ada banyak sistem-sistem penggerak kapal yang memanfaatkan energi angin di laut. Salah satunya dengan *flettner rotor*. Alat ini berbentuk silinder, berputar di atas kapal.

Pada tugas akhir ini akan dianalisis aplikasi *flettner rotor* pada *Offshore Support Vessel (OSV)* panjang 56 meter dengan menggunakan metode CFD (*Computational Fluid Dynamic*).

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan dijawab penyelesaiannya :

1. Bagaimana pengaruh RPM *flettner rotor* terhadap gaya dorong yang dihasilkan ?
2. Bagaimana pengaruh kecepatan angin terhadap gaya dorong yang dihasilkan ?
3. Bagaimana pengaruh penambahan *flettner rotor* terhadap kecepatan *offshore support vessel* 56 meter?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Jumlah *flettner rotor* yang akan dirancang hanya satu unit.
2. Tinggi *flettner rotor* yang akan dirancang 8 meter.
3. Diameter *flettner rotor* yang akan dirancang 1 meter.
4. Tidak menghitung faktor ekonomis.
5. Penempatan spesifik *flettner rotor* tidak dibahas.
6. RPM *flettner rotor* yang diuji 200, 400, dan 600
7. Kecepatan angin yang diuji 6,7, dan 8 m/s.

1.4 Tujuan

1. Dapat merancang model *flettner rotor* yang menghasilkan gaya dorong maksimal.
2. Dapat mengetahui efisiensi kecepatan *Offshore Support Vessel* 56 meter dengan penambahan *flettner rotor*.

1.5 Manfaat Penulisan Skripsi

Penulisan skripsi ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Dapat mengetahui efisiensi konsumsi bahan bakar *Offshore Support Vessel* 56 meter setelah penambahan *flettner rotor*.
2. Dapat bermanfaat bagi pembaca untuk dijadikan referensi penulisan tugas akhir berikutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Jenis Penggerak Kapal Tenaga Angin

Jenis penggerak kapal tenaga angin dikelompokkan menjadi tiga, yaitu:

1. Soft Sail

Soft sail merupakan jenis layar konvensional yang digunakan pada kapal layar dimana gaya dorong angin ditangkap secara langsung untuk mendorong kapal.



Gambar 2. 1 Soft Sail

www.photographers1.com [1]

2. Wing Sail

Wing sail merupakan bagian aerofoil yang memiliki bentuk seperti sayap pesawat terbang. Jenis layar ini cara kerjanya dengan memanfaatkan gaya angkat yang dihasilkan aerofoil untuk memberikan gaya dorong terhadap kapal.



Gambar 2. 2Wing Sail

www.boatdesign.net [2]

3. *Mechanical Devices*

Jenis alat ini cara kerjanya dengan memanfaatkan tenaga angin dan kemudian energi hasilnya digunakan sebagai sistem propulsi pada kapal. Contoh dari *mechanical device* adalah *flettner rotor* dan turbin.

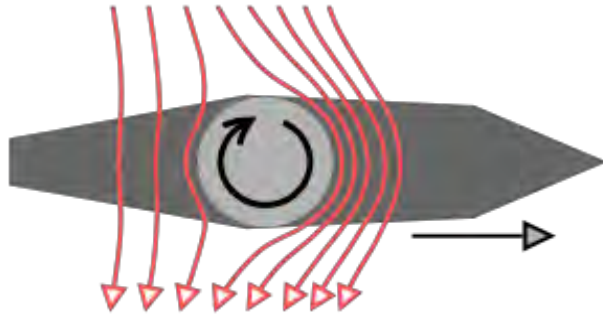


Gambar 2. 3 Kapal dengan Flettner rotor

<http://www.imare-indonesia.org/?p=309> [3]

2.2. Flettner Rotor

Flettner rotor adalah salah satu jenis *mechanical propulsor* kapal yang memanfaatkan tenaga angin. Sistem penggerak ini terdiri dari silinder vertical yang besar [4]. Cara kerja alat ini dengan memanfaatkan efek magnus, yaitu angin yang berhembus akan melewati silinder berputar ini sehingga menyebabkan terjadinya perbedaan tekanan antara angin yang berada searah dengan putaran silinder dan yang berlawanan arah dengan putaran silinder sehingga menimbulkan gaya dorong dan kapal dapat melaju.



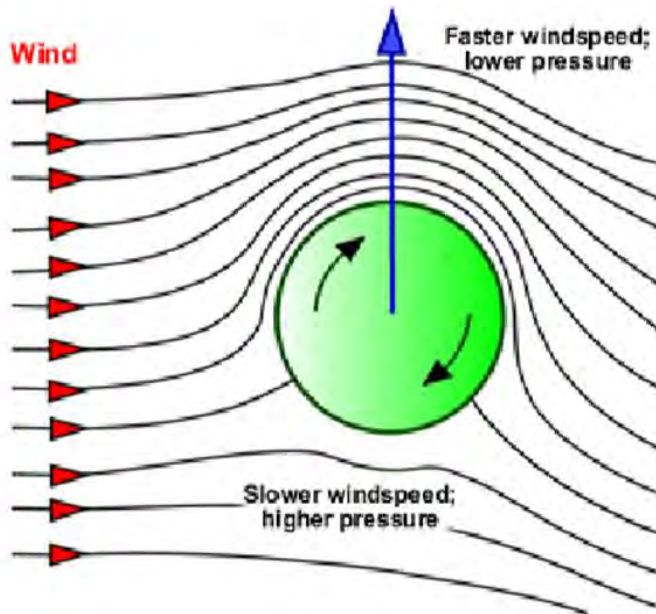
Gambar 2. 4 Cara Kerja Flettner Rotor

https://ca.wikipedia.org/wiki/Rotor_Flettner#/media/File:Magnus_Effect_at_Flettner_Rotor_Boat.svg [4]

2.3. Efek Magnus

Efek magnus adalah gaya yang bekerja pada benda berputar dalam aliran udara bergerak, yang berada tegak lurus dari aliran udara [5]. Efek magnus ini dihasilkan ketika silinder yang berputar menghasilkan perbedaan tekanan fluida. Fenomena ini terjadi pada semua benda yang berbentuk bola yang bergerak dengan kecepatan (v) tertentu dan dalam kondisi berputar dengan kecepatan sudut (ω). Bola yang bergerak tersebut akan memiliki kecepatan relative dengan udara di sekitarnya, sehingga udara tersebut seakan-akan bergerak berlawanan arah dengan kecepatan bola tersebut [6]. Kondisi ini juga berlaku kebalikan, jika bola atau silinder tersebut hanya berputar namun terdapat angin yang bergerak dengan kecepatan tertentu maka dapat terjadi juga efek

magnus karena terjadinya perbedaan tekanan fluida antara satu sisi silinder dengan sisi lainnya. Berikut adalah ilustrasi dari magnus effect.



Gambar 2. 5. Ilustrasi dari efek magnus [7]

Pada gambar diatas efek magnus terjadi karena adanya perbedaan tekanan fluida yang dihasilkan ketika angin yang berhembus melewati silinder yang berputar dan pada sisi atas silinder yang searah dengan aliran angin mempunyai tekanan yang lebih rendah dibandingkan sisi yang bawah [8]. Hal ini menghasilkan gaya dorong sehingga dapat membuat kapal melaju.

2.4. *Offshore Support Vessel*

Ini adalah kapal kargo yang secara teratur mengangkut barang, perlengkapan atau peralatan untuk mendukung eksplorasi atau produksi sumber daya mineral atau energy lepas pantai [9].

Jenis-jenis dari *offshore support vessel* antara lain :

a. Platform Supply Vessels

Platform Supply Vessels atau sering disingkat PSV adalah kapal yang dirancang khusus untuk memasok platform minyak dan gas lepas pantai. Kapal ini memiliki panjang berkisar 50-100 meter. Fungsi utama kapal ini adalah untuk dukungan logistic dan transportasi barang, peralatan dan personel ke dan dari platform minyak lepas pantai dan struktur lepas pantai lainnya [10]. Dalam beberapa tahun terakhir generasi baru *Platform Supply Vessel* sudah memasuki pasar, biasanya sudah dilengkapi dengan *dynamic positioning system* yang bagus.

Desain dan konstruksi kapal ini tergantung pada lingkungan kerja, kondisi cuaca, jarak dari pantai, dan berdasarkan lokasi.

Berikut ini adalah contoh *Platform Supply Vessel* :



Gambar 2. 6 Platform supply vessel [10]

b. Multi-purpose Supply Vessels (MPSV)

Kapal ini mirip dengan *Platform Supply Vessels* tetapi dilengkapi dengan system tambahan seperti untuk subsea inspeksi, pemeliharaan dan perbaikan [10].



Gambar 2. 7 Multi Purpose Supply Vessel (MPSV) [11]

c. Anchor Handling Tug Supply (AHTS) Vessels

Kapal ini berfungsi untuk menangani jangkar untuk rig minyak dan dalam beberapa kasus berfungsi sebagai tanggap darurat dan dalam penyelamatan kapal, selain itu kapal ini juga digunakan untuk mengangkut suplai peralatan ke dan dari rig pengeboran lepas pantai [12].



Gambar 2. 8 Anchor Handling Tug Supply Vessels (AHTS) [13]

Banyak dari kapal ini yang dirancang untuk kondisi laut yang ekstrim dan dapat melakukan proses suplai antara dasar tanah dan situs pengeboran. Kapal ini juga memberikan bantuan penarik tanker, *anchor handling deepwater*, dan penarik benda – benda berat lainnya.

Kapal AHTS ini berbeda dengan kapal *Platform Supply Vessels* (PSV) yang dilengkapi dengan derek untuk penarik dan *anchor handling*, memiliki buritan terbuka untuk *decking jangkar*, dan memiliki lebih banyak kekuatan untuk meningkatkan *bollard pull*. Mesin pada kapal ini dirancang khusus untuk operasi *anchor handling*. Selain itu kapal ini juga memiliki pengaturan untuk *anchor rilis cepat*. Kapal ini juga memiliki ROV (*remotely operated underwater vehicle*) services, layanan keamanan/rescue, dan suplai instalasi lepas pantai.

d. Seismic Vessels

Kapal seismic adalah kapal yang hanya digunakan untuk tujuan survey seismic di laut lepas dan samudera. Kapal ini digunakan sebagai kapal survey untuk tujuan penentuan mencari daerah terbaik untuk pengeboran minyak di tengah laut [14].

Untuk tujuan survey seismic, gelombang seismic adalah komponen utama yang dianalisis. Proses ini melibatkan detector seismic dimana tunas gelombang seismic tersebut ke titik bawah air yang dipilih. Waktu yang dibutuhkan untuk gelombang untuk membiaskan kembali ke titik asal mereka menentukan apakah daerah bawah laut tertentu layak untuk tujuan pengeboran minyak.

Selain menjadi kapal survey seismologi bawah air, kapal seismic juga digunakan untuk mempelajari geologi laut dan samudera. Dengan demikian kapal ini tidak hanya membantu para ilmuwan dan peneliti mencari keberadaan minyak dan gas, tetapi juga

membantu mereka untuk mempelajari potensi bencana alam di laut yang dapat terjadi.



Gambar 2. 9 *Seismic Vessel* [14]

e. Construction Support Vessels (CSV)

Kapal ini digunakan untuk mendukung pembangunan kompleks lepas pantai, instalasi, pemeliharaan, dan operasi canggih lainnya. Kapal ini secara signifikan lebih besar dan lebih khusus dari kapal *offshore* lainnya [15]. Berikut adalah contoh dari *Construction Support Vessels*.



*Gambar 2. 10 Construction Support Vessels (CSV)
[15]*

f. Crane Vessels

Adalah kapal yang dilengkapi dengan crane yang sangat besar karena berfungsi untuk mengangkat beban – beban yang sangat berat untuk konstruksi lepas pantai. [15]



Gambar 2. 11 Crane Vessels [15]

g. Diving Support Vessels

Adalah kapal yang digunakan untuk proyek menyelam profesional yang sering dilakukan di sekitar platform dan terkait instalasi di perairan terbuka.



Gambar 2. 12 Diving Support Vessel [15]

h. Safety Standby Vessels

Kapal ini digunakan sebagai wadah keamanan dalam keadaan darurat untuk evakuasi cepat. [15]



Gambar 2. 13 Safety Standby Vessels [15]

Pada tugas akhir ini, *flettner rotor* diaplikasikan pada kapal jenis *Offshore Support Vessel* dengan panjang 56 meter. Kapal ini memiliki dua mesin utama dengan power masing- masing mesin sebesar 1600 HP, memakai dua propeller, dan serta sebuah emergensi genset dengan power 80 KW. Kecepatan maksimal kapal ini 12 knot.

OFFSHORE SUPPORT VESSEL 2 x 1600 HP



Gambar 2. 14 Offshore Support Vessel

2.5. Teori Dinamika Fluida CFD

Computational Fluid Dynamics merupakan ilmu sains dalam penentuan penyelesaian numerik dinamika fluida [16]. *Computational Fluid Dynamics* (CFD) adalah pendekatan ketiga dalam studi dan pengembangan bidang dinamika fluida selain pendekatan teori dan eksperimen murni.

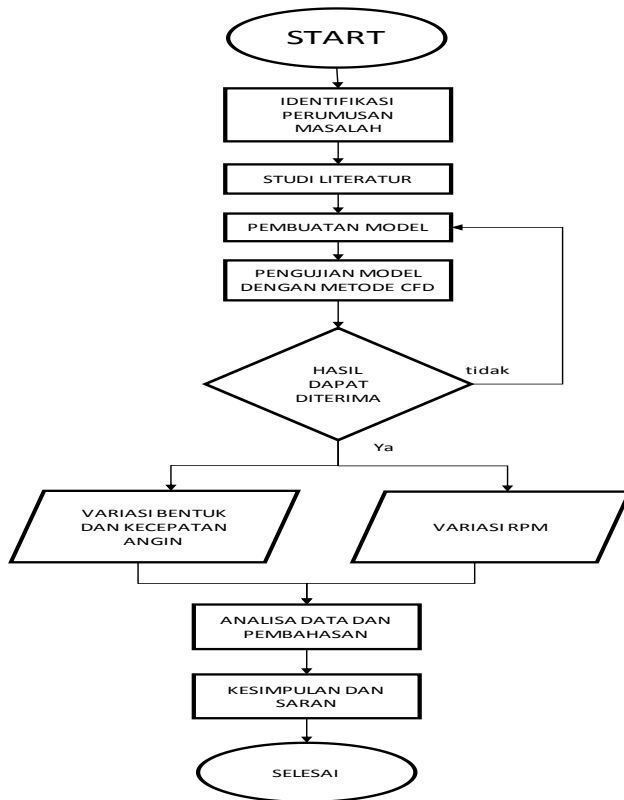
Adapun beberapa keuntungan yang diperoleh

- a) Meminimumkan waktu dan biaya dalam mendesain suatu produk, bila proses desain tersebut dilakukan dengan uji eksperimen dengan akurasi tinggi.
- b) Memiliki kemampuan sistem studi yang dapat mengendalikan percobaan yang sulit atau tidak mungkin dilakukan melalui eksperimen.
- c) Memiliki kemampuan untuk studi dibawah kondisi berbahaya pada saat atau sesudah melewati titik kritis (termasuk studi keselamatan dan skenario kecelakaan).
- d) Keakuratannya akan selalu dikontrol dalam proses desain.

BAB III METODOLOGI

3.1. Flowchart

Tahap-tahap penyelesaian tugas akhir ini adalah sebagai berikut



Gambar 3. 1 Flowchart

3.2. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Pada tahap awal ini adalah melakukan identifikasi dan perumusan masalah yang akan dijadikan acuan sebagai metode penyelesaian pada tugas akhir ini. Permasalahan pada tugas akhir ini adalah bagaimana pengaruh penambahan flettner rotor terhadap kecepatan *offshore support vessel* panjang 56 meter.

3.3. Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan pencarian referensi sebagai penunjang dalam menyelesaikan permasalahan-permasalahan yang diberikan. Dalam pencarian referensi yang diberikan. Dari pencarian referensi ini kemudian dijadikan sebagai dasar teori dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Studi literatur dilakukan dengan membaca buku-buku dan jurnal-jurnal penelitian yang berkaitan dengan topik tugas akhir ini.

3.4. Pembuatan Model

Dalam tahap ini dilakukan pembuatan model flettner rotor dengan tinggi 8 meter dan diameter 1 meter. Pada proses pemodelan tersebut, software-software yang dipergunakan adalah sebagai berikut:

- ANSYS Workbench

Software ini digunakan untuk menganalisa fenomena akibat pergerakan fluida. Model *flettner rotor* yang telah dibuat kemudian di analisis dengan software ini..

- Maxsurf

Software ini digunakan untuk membuat lines plan dan mencari tahanan kapal, pada tugas akhir ini digunakan kapal jenis *offshore support vessel* dengan panjang 56 meter sebagai objek yang akan ditambahkan dengan *flettner rotor* dan dianalisis seberapa besar efisien kecepataannya dibandingkan dengan tidak memakai *flettner rotor*.

- Microsoft excel

Software ini digunakan untuk membantu proses perhitungan tahanan dan kecepatan kapal, serta grafik-grafik sebagai analisis data.

- Microsoft word

Software ini digunakan untuk membuat laporan.

3.5. Pengujian Model dengan Pendekatan CFD

Model yang sudah dibentuk kemudian dilakukan pengujian dengan pendekatan CFD dalam hal ini memakai software ANSYS Workbench. Kemudian melakukan analisa terhadap pengujian model tersebut.

3.6. Variasi yang Diberikan pada Model

Variasi yang diberikan pada model flettner rotor adalah bertujuan untuk mencari gaya dorong yang paling besar. Variasi dilakukan dengan menentukan besaran rpm flettner rotor, besarnya kecepatan angin yang berhembus, serta bentuk model flettner rotor yang berbeda. Pada simulasi kali ini dibuat dua model

flettner rotor yang berbeda, yaitu bersirip dan tidak bersirip.

3.7. Validasi

Tahap validasi ini merupakan tahap yang penting. Hal ini dikarenakan data hasil analisa merupakan data yang masih belum diketahui kebenarannya. Oleh karena itu diperlukan data pembanding untuk mengetahui kebenaran dari data yang telah dianalisa tersebut. Dalam proses validasi ini digunakan data pembanding antara data hasil analisa dengan menggunakan software ANSYS Workbench dengan rumus perhitungan gaya dorong yang dihasilkan flettner rotor secara manual berdasarkan variasi besaran rpm dan kecepatan angina yang sama seperti yang disimulasikan dengan software ANSYS tersebut. Apabila perbedaan tidak terlalu jauh maka data hasil analisa dengan menggunakan software dapat diterima.

3.8. Analisa dan Pembahasan

Hasil dari proses running akan memberikan data-data dimana data tersebut akan menjadi nilai-nilai variable yang digunakan untuk menjadi acuan dalam menyelesaikan permasalahan pada tugas akhir ini.

3.9. Kesimpulan dan Saran

Pada akhir pengerjaan tugas akhir ini akan ditarik kesimpulan dari seluruh rangkaian pengujian yang telah dilakukan. Kesimpulan dari tugas akhir ini merupakan jawaban tentang permasalahan dari penelitian ini dan merupakan rangkuman dari seluruh penelitian dan pengolahan data yang dilakukan.

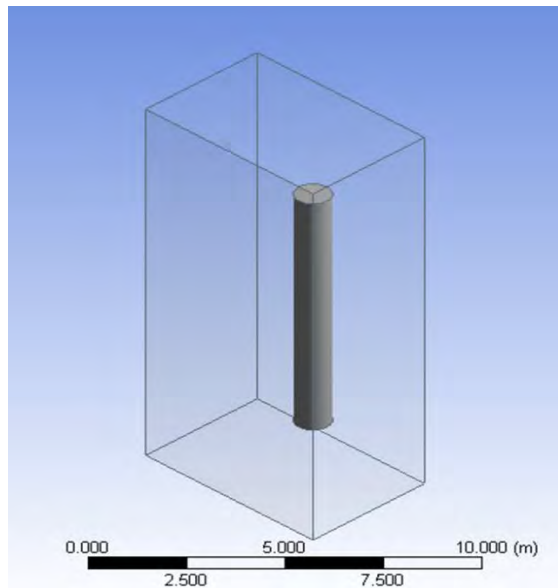
Selain ditarik kesimpulan, pada akhir pengerjaan tugas akhir ini juga diberikan saran terhadap data hasil penelitian ini yang bertujuan untuk pengembangan penelitian selanjutnya maupun sebagai solusi terhadap permasalahan yang ada.

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Pembuatan Model

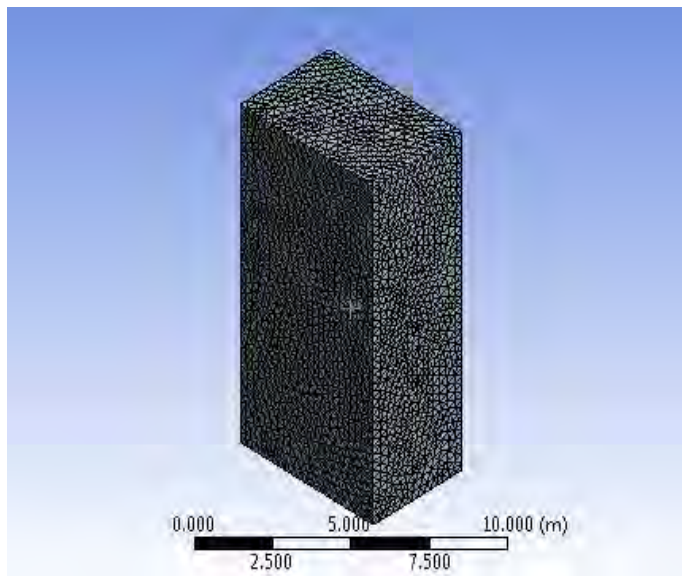
Pembuatan model flettner rotor dalam bentuk 3d dilakukan dengan menggunakan software ANSYS Workbench. Berikut adalah bentuk model 3d yang akan digunakan untuk menyelesaikan tugas akhir ini.



Gambar 4. 1 Model 3d Flettner rotor

4.2. Proses Meshing Model

Meshing sendiri adalah membagi area fluida model dengan elemen-elemen berbentuk persegi empat (hexa) atau persegi enam (tetra). Untuk meshing pada percobaan ini digunakan meshing berbentuk segi enam (tetra). Untuk bagian objek dilakukan meshing yang lebih halus daripada bagian lainnya, hal ini agar hasil yang diinginkan lebih bagus dan mendekati benar pada saat disimulasikan. Berikut adalah gambar meshing pada model yang dibuat:



Gambar 4. 2 Meshing pada Flettner rotor

4.3. Variasi

Pada tugas akhir ini dilakukan beberapa variasi untuk melakukan running model. Variasi yang dilakukan meliputi bentuk flettner rotor yang dibagi menjadi dua yaitu, bersirip dan tidak bersirip, besaran rpm, dan kecepatan angin yang berhembus.

Tabel 4. 1 Parameter yang divariasi pada Model Flettner Rotor

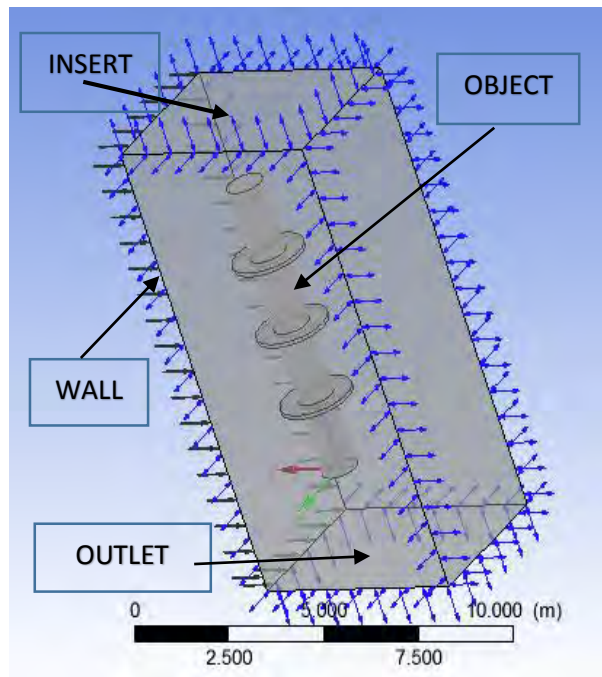
| Kecepatan Angin | RPM |
|-----------------|-----|
| 6m/s | 200 |
| | 400 |
| | 600 |
| 7m/s | 200 |
| | 400 |
| | 600 |
| 8m/s | 200 |
| | 400 |
| | 600 |

4.4. Simulasi

Model flettner rotor yang telah dibuat sebelumnya kemudian disimulasi dengan menggunakan software yang sama yaitu ANSYS Workbench. Data yang diapat dari proses simulasi nantinya akan dilakukan proses validasi dengan membandingkan hasil eksperimental yang telah ada sebelumnya. Berikut langkah-langkah proses simulasi dengan software CFD :

1. Pre processor

Langkah ini merupakan langkah untuk melakukan *meshing* pada model serta memasukkan parameter-parameter kondisi lingkukan dan perhitungan dalam mensimulasikan model yang telah dibuat sebelumnya. Maka dari itu kita harus menentukan bagian mana saja yang akan diberi parameter. Berikut adalah gambar bagian-bagian model dan penjelasannya.



Gambar 4. 3 Bagian-bagian Simulasi

Keterangan gambar :

1. *Inlet*
2. *Outlet*
3. *Wall*
4. *Object (Flettner rotor)*

- *Inlet*

Inlet merupakan bagian dimana arah aliran fluida masuk kedalam objek simulasi. Pada simulasi ini dikondisikan bahwa arah aliran fluida masuk dengan kecepatan yang telah ditentukan.

- *Outlet*

Outlet merupakan bagian dimana arah aliran fluida keluar dari objek simulasi.

- *Wall*

Wall merupakan dinding pembatas fluida kerja yang telah dikondisikan pada model percobaan. Bentuk balok yang digunakan diatas dimasksudkan sebagai *wall* dimana *wall* diberi parameter *free slip* yang memiliki arti tidak terdapat gesekan. Sedangkan pada objek juga dijadikan sebagai *wall* dimana objek tersebut diberi parameter *no slip* yang artinya terdapat gesekan pada model tersebut apabila dilewati fluida kerja.

2. *Solver manager*

Program *solver* ini bertujuan untuk melakukan proses perhitungan dan pengolahan data secara numerik terhadap semua parameter parameter yang telah ditentukan pada domain dan *boundary condition* diproses *post processor*.

Pada tahap ini parameter-parameter yang digunakan adalah:

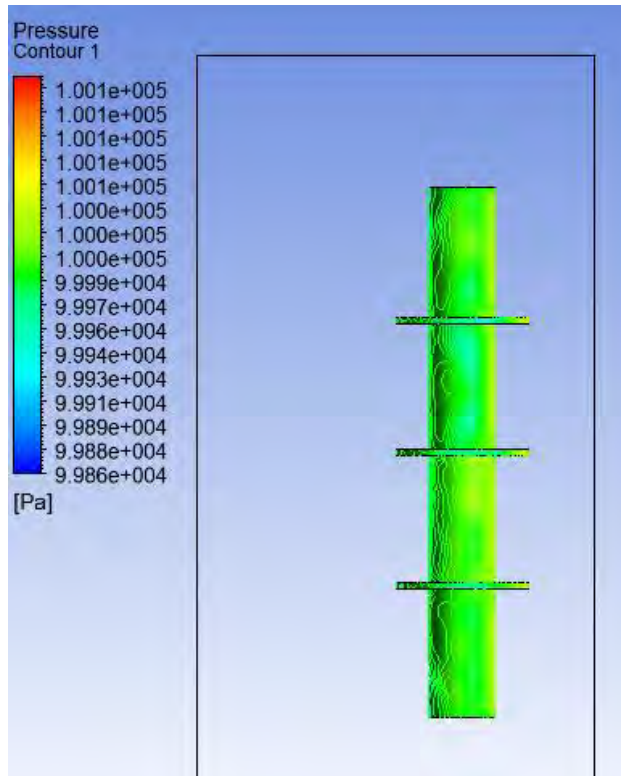
- Maximum iteration = 100
- Tomscale control = automatic time scale

Penggunaan iterasi ini adalah untuk memperoleh nilai konvergensi yaitu kesesuaian antara input simulasi atau perkiraan yang diberikan dengan hasil perhitungan yang diperoleh. Semakin banyak iterasi yang ditentukan maka hasil yang diperoleh semakin akurat namun tahap penyelesaian program solver semakin lama.

3. *Post processor*

Post processor adalah langkah yang akan menampilkan hasil perhitungan yang telah dilakukan pada tahap *solver manager*. Hasil perhitungan yang didapat pada tahap ini berupa data numerik dan data visual gejala aliran fluida terhadap objek yang di analisa. Contoh data visual yang dapat diambil dari tahap ini adalah bentuk *contour preassure* pada permukaan layar.

Berikut adalah contoh gambar contour pressure dari salah satu model yang akan dianalisa.



Gambar 4. 4 Contour tekanan pada Flettner Rotor

4.5. Validasi

Proses validasi ini adalah tahap dimana data yang diperoleh pada proses simulasi dengan menggunakan software CFD dapat diterima atau mendekati benar. Pada tahap ini proses validasi dilakukan dengan membandingkan hasil dari simulasi pada software CFD yang berupa gaya dorong dengan rumus perhitungan gaya dorong flettner rotor secara manual. Apabila angka hasil simulasi software dengan rumus perhitungan masih berbeda jauh maka dilakukan simulasi dengan lebih banyak variasi lagi, bisa dengan menambah rpm dan menaikkan kecepatan angin yang berhembus melewati flettner rotor.

4.6. Analisa Gaya Dorong Flettner Rotor

Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan dengan software CFD dengan diberikan beberapa variasi, dalam hal ini besaran rpm dan kecepatan angin yang berhembus, serta dilakukan perhitungan dengan rumus gaya dorong flettner rotor secara manual, berikut ini table hasil simulasi model flettner:

Tabel 4. 2 Hasil Simulasi Model Flettner Rotor Tanpa Sirip menggunakan Software CFD

| fletner tanpa sirip | | | |
|---------------------|-------------|-----------|-----------------------------|
| kec angin (m/s) | rpm (rev/s) | force (N) | kec terhadap tahanan (knot) |
| 6 | 200 | 174 | 0.7 |
| | 400 | 723 | 1.15 |
| | 600 | 554 | 1.04 |
| 7 | 200 | 265 | 0.84 |
| | 400 | 748 | 1.18 |
| | 600 | 609 | 1.11 |
| 8 | 200 | 196 | 0.81 |
| | 400 | 736 | 1.15 |
| | 600 | 885 | 1.36 |

Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat bahwa pada kecepatan angin 7m/s flettner rotor menghasilkan gaya dorong yang maksimal sedangkan ditinjau dari besarnya rpm, maka gaya dorong maksimal terjadi pada rpm 400 di kecepatan angina 6,7, dan 8m/s, terkecuali saat kecepatan angina 8m/s, besarnya rpm berbanding lurus dengan gaya dorong yang dihasilkan.

Tabel 4. 3 Hasil Simulasi Model Flettner Rotor dengan Sirip menggunakan Software CFD

| flettner sirip | | | |
|-----------------|-------------|-----------|-----------------------------|
| kec angin (m/s) | rpm (rev/s) | force (N) | kec terhadap tahanan (knot) |
| 6 | 200 | 566 | 1.06 |
| | 400 | 989 | 1.39 |
| | 600 | 975 | 1.38 |
| 7 | 200 | 563 | 1.05 |
| | 400 | 1227 | 1.56 |
| | 600 | 1015 | 1.41 |
| 8 | 200 | 513 | 0.99 |
| | 400 | 1397 | 1.71 |
| | 600 | 1064 | 1.46 |

Berdasarkan tabel tersebut dapat dilihat bahwa flettner rotor dengan tipe bersirip menghasilkan gaya dorong yang lebih besar dibandingkan dengan flettner rotor tanpa sirip. Perbedaan terletak jika pada flettner tanpa sirip gaya dorong maksimal terjadi saat kecepatan angina 7m/s sedangkan pada flettner rotor bersirip terjadi pada kecepatan angina 8m/s namun ditinjau dari rpm, gaya dorong maksimal pada flettner rotor tanpa sirip maupun bersirip berada pada 400 rpm pada setiap m/s kecepatan anginnya.

Tabel 4. 4 Efisiensi kecepatan kapal karena penambahan flettner rotor tak bersirip

| flettner rotor tak bersirip | | | | | | | | | |
|-----------------------------|-------------|-----------------|-----------------------------|--|--------|--------|--------|---------|---------|
| kec angin (m/s) | rpm (rev/s) | Gaya dorong (N) | kec terhadap tahanan (knot) | pertambahan Efisiensi terhadap kec kapal (%) | | | | | |
| | | | | 2 knot | 4 knot | 6 knot | 8 knot | 10 knot | 12 knot |
| 6 | 200 | 174 | 0.7 | 0.350 | 0.175 | 0.117 | 0.088 | 0.070 | 0.058 |
| | 400 | 723 | 1.15 | 0.575 | 0.288 | 0.192 | 0.144 | 0.115 | 0.096 |
| | 600 | 554 | 1.04 | 0.520 | 0.260 | 0.173 | 0.130 | 0.104 | 0.087 |
| 7 | 200 | 265 | 0.84 | 0.420 | 0.210 | 0.140 | 0.105 | 0.084 | 0.070 |
| | 400 | 748 | 1.18 | 0.590 | 0.295 | 0.197 | 0.148 | 0.118 | 0.098 |
| | 600 | 609 | 1.11 | 0.555 | 0.278 | 0.185 | 0.139 | 0.111 | 0.093 |
| 8 | 200 | 196 | 0.81 | 0.405 | 0.203 | 0.135 | 0.101 | 0.081 | 0.068 |
| | 400 | 736 | 1.15 | 0.575 | 0.288 | 0.192 | 0.144 | 0.115 | 0.096 |
| | 600 | 885 | 1.36 | 0.680 | 0.340 | 0.227 | 0.170 | 0.136 | 0.113 |

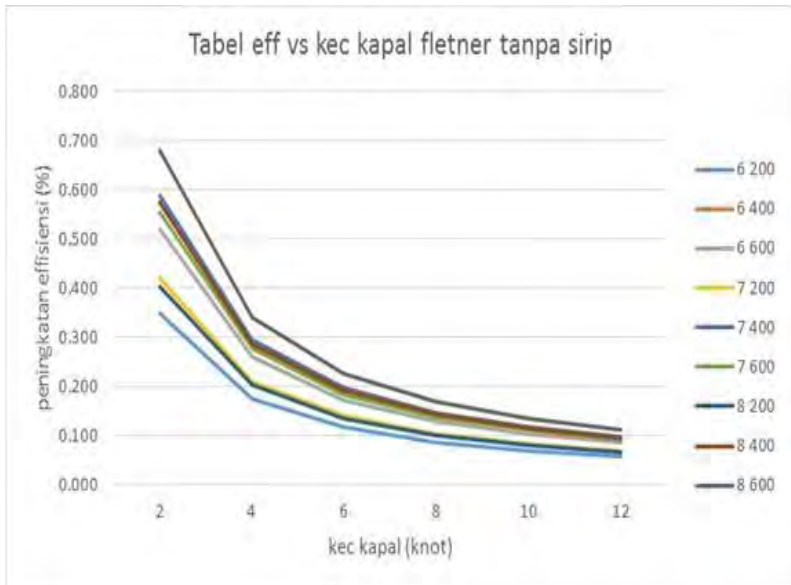
Tabel 4. 5 Efisiensi kecepatan kapal karena penambahan flettner rotor tak bersirip

| flettner rotor bersirip | | | | | | | | | |
|-------------------------|-------------|-----------------|-----------------------------|--|--------|--------|--------|---------|---------|
| kec angin (m/s) | rpm (rev/s) | Gaya dorong (N) | kec terhadap tahanan (knot) | pertambahan Efisiensi terhadap kec kapal (%) | | | | | |
| | | | | 2 knot | 4 knot | 6 knot | 8 knot | 10 knot | 12 knot |
| 6 | 200 | 566 | 1.06 | 0.530 | 0.265 | 0.177 | 0.133 | 0.106 | 0.088 |
| | 400 | 989 | 1.39 | 0.695 | 0.348 | 0.232 | 0.174 | 0.139 | 0.116 |
| | 600 | 975 | 1.38 | 0.690 | 0.345 | 0.230 | 0.173 | 0.138 | 0.115 |
| 7 | 200 | 563 | 1.05 | 0.525 | 0.263 | 0.175 | 0.131 | 0.105 | 0.088 |
| | 400 | 1227 | 1.56 | 0.780 | 0.390 | 0.260 | 0.195 | 0.156 | 0.130 |
| | 600 | 1015 | 1.41 | 0.705 | 0.353 | 0.235 | 0.176 | 0.141 | 0.118 |
| 8 | 200 | 513 | 0.99 | 0.495 | 0.248 | 0.165 | 0.124 | 0.099 | 0.083 |
| | 400 | 1397 | 1.71 | 0.855 | 0.428 | 0.285 | 0.214 | 0.171 | 0.143 |
| | 600 | 1064 | 1.46 | 0.730 | 0.365 | 0.243 | 0.183 | 0.146 | 0.122 |

Pada tabel 4.4, saat kecepatan angin 6m/s dan 200 rpm, pertambahan efisiensi kecepatan kapal sebesar 0,7% ketika kapal berjalan dengan kecepatan 1 knot pertama. Untuk kecepatan kapal diatas 1 knot, maka mencari efisiensinya dengan cara 0,7% dibagi dengan kecepatan kapal yang sedang berjalan.

Efisiensi kecepatan terbesar berada pada saat kecepatan angin 8m/s dan 600 rpm. Pertambahan efisiensi pada kondisi ini sebesar 1,36 % pada saat kapal berjalan dengan kecepatan 1 knot pertama. Dengan demikian, semakin tinggi kecepatan kapal maka akan semakin kecil nilai efisiensi kecepatan kapal karena penambahan flettner rotor.

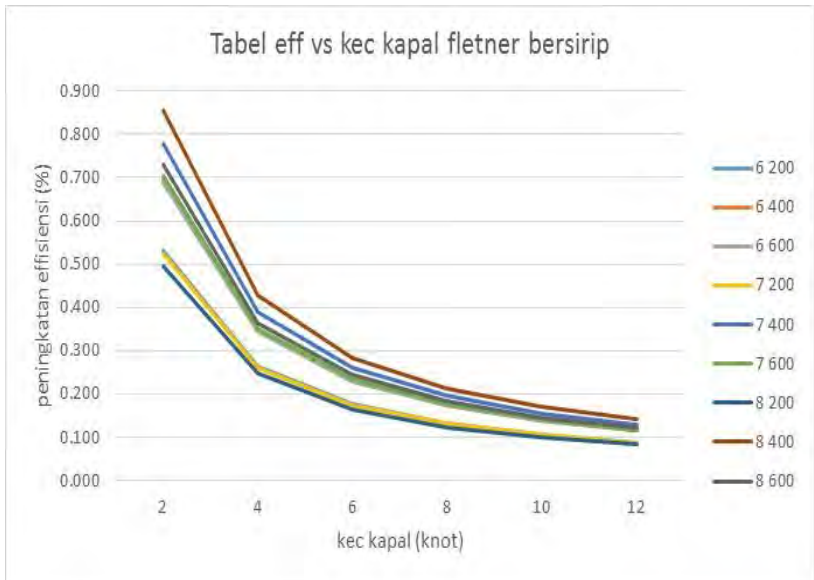
Pada tabel 4.5, efisiensi kecepatan kapal karena penambahan flettner rotor terbesar berada pada kecepatan angin 8m/s pada putaran 400 rpm. Efisiensi kecepatannya sebesar 1,71% pada kecepatan kapal 1 knot pertama. Untuk kecepatan kapal diatas 1 knot maka nilai 1,71% tersebut dibagi dengan kecepatan kapal yang sedang beroperasi.



**Gambar 4. 5 Peningkatan Efisiensi vs Kecepatan Kapal
Pada Flettner tanpa sirip**

Berdasarkan grafik diatas, terlihat pada kecepatan rendah efisiensi kecepatan kapal dengan menggunakan flettner rotor tak bersirip lebih tinggi, dan semakin cepat kapal melaju, maka efisiensi semakin menurun.

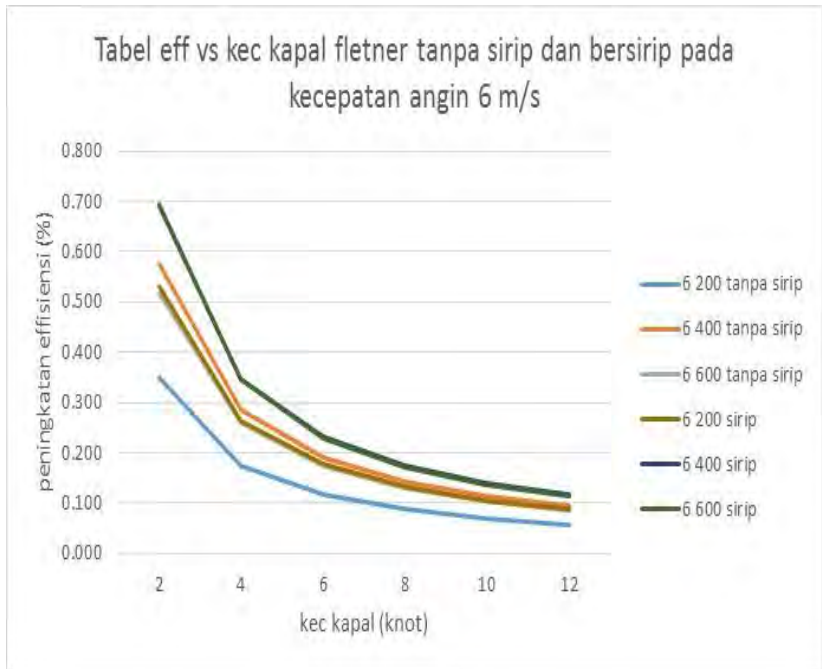
Pada kecepatan kapal 2 knot, efisiensi kecepatan kapal tertinggi sebesar 0,68% dan pada kecepatan maksimal yaitu 12 knot, efisiensi kecepatan kapal tertinggi sebesar 0,11%. Dengan kata lain, semakin tinggi kecepatan kapal maka semakin rendah efisiensi penggunaan flettner rotor terhadap kecepatan kapal.



Gambar 4. 6 Peningkatan Efisiensi vs Kecepatan Kapal
Pada Flettner Bersirip

Berdasarkan grafik diatas, menunjukkan semakin tinggi kecepatan kapal maka semakin rendah efisiensi penggunaan flettner rotor bersirip terhadap kecepatan kapal.

Pada saat kecepatan kapal 2 knot, efisiensi kecepatan kapal karena penggunaan flettner rotor tertinggi sebesar 0,85% dan pada kecepatan maksimal yaitu 12 knot, nilai efisiensi kecepatan kapal karena penggunaan flettner rotor paling tinggi hanya sebesar 0,14%.



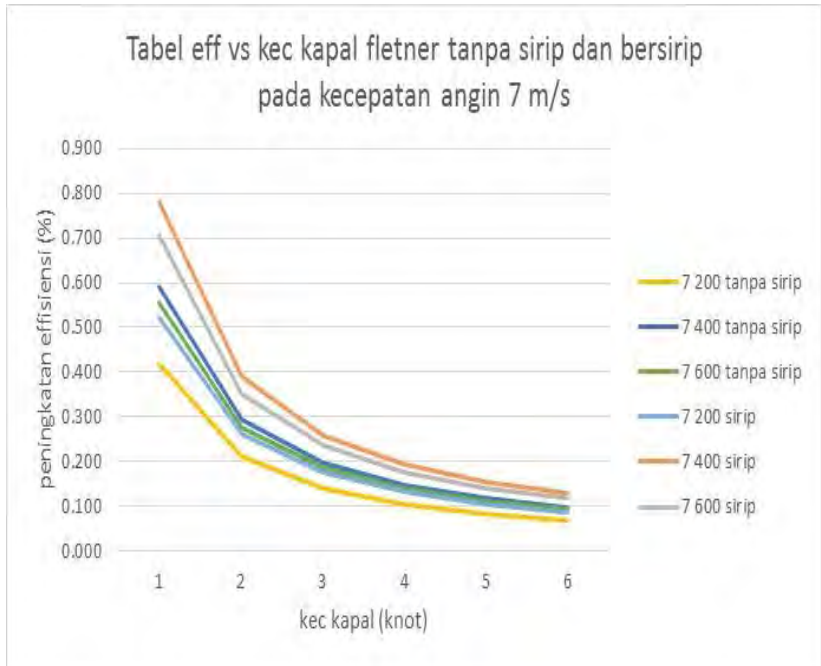
Gambar 4. 7 Peningkatan Kecepatan Kapal vs Efisiensi Kecepatan kapal karena penggunaan flettner rotor pada kecepatan angin 6m/s

Berdasarkan grafik diatas, efisiensi kecepatan kapal karena penggunaan flettner rotor pada saat kecepatan angin 6 m/s terhadap peningkatan kecepatan kapal adalah berbanding terbalik. Semakin tinggi kecepatan kapal maka semakin rendah nilai efisiensi kecepatan kapal karena penggunaan flettner rotor

Untuk flettner tanpa sirip, pada saat kecepatan kapal 2 knot di 200 rpm, nilai efisiensi 0,35% dan terus mengalami

penurunan hingga kecepatan maksimal kapal yaitu 12 knot, nilai efisiensinya sebesar 0,05%. Untuk 400 rpm, nilai efisiensi saat kecepatan 2 knot besar 0,57% dan saat kecepatan maksimal nilai efisiensi sebesar 0,09% dan saat 600 rpm, nilai efisiensi pada 2 knot sebesar 0,52% dan pada kecepatan maksimal nilai efisiensi sebesar 0,08%

Untuk flettner bersirip, pada saat kecepatan kapal 2 knot di 200 rpm, nilai efisiensi 0,53% dan terus mengalami penurunan hingga kecepatan maksimal kapal yaitu 12 knot, nilai efisiensinya sebesar 0,08%. Untuk 400 rpm, nilai efisiensi saat kecepatan 2 knot besar 0,695% dan saat kecepatan maksimal nilai efisiensi sebesar 0,116% dan saat 600 rpm, nilai efisiensi pada 2 knot sebesar 0,690% dan pada kecepatan maksimal nilai efisiensi sebesar 0,115%.



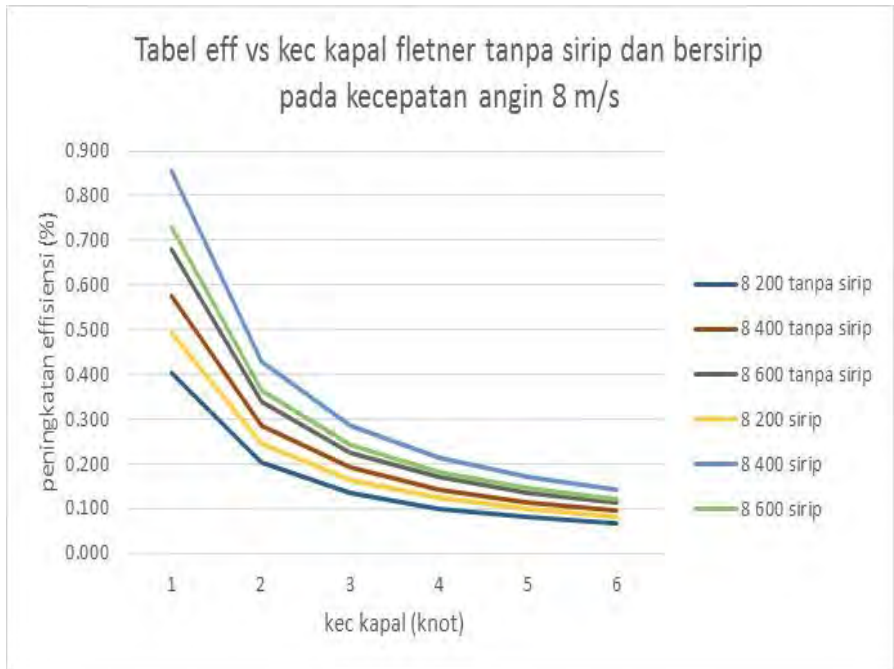
Gambar 4. 8 Efisiensi Kecepatan kapal karena
penggunaan flettner rotor pada kecepatan angin 7m/s vs
Peningkatan kecepatan kapal

Berdasarkan grafik diatas, efisiensi kecepatan kapal karena penggunaan flettner rotor pada saat kecepatan angin 7 m/s terhadap peningkatan kecepatan kapal adalah berbanding terbalik. Semakin tinggi kecepatan kapal maka semakin rendah nilai efisiensi kecepatan kapal karena penggunaan flettner rotor

Untuk flettner tanpa sirip, pada saat kecepatan kapal 2 knot di 200 rpm, nilai efisiensi 0,42% dan terus mengalami penurunan hingga kecepatan maksimal kapal yaitu 12 knot,

nilai efisiensinya sebesar 0,07%. Untuk 400 rpm, nilai efisiensi saat kecepatan 2 knot besar 0,59% dan saat kecepatan maksimal nilai efisiensi sebesar 0,09% dan saat 600 rpm, nilai efisiensi pada 2 knot sebesar 0,55% dan pada kecepatan maksimal nilai efisiensi sebesar 0,09%

Untuk flettner bersirip, pada saat kecepatan kapal 2 knot di 200 rpm, nilai efisiensi 0,52% dan terus mengalami penurunan hingga kecepatan maksimal kapal yaitu 12 knot, nilai efisiensinya sebesar 0,08%. Untuk 400 rpm, nilai efisiensi saat kecepatan 2 knot besar 0,78% dan saat kecepatan maksimal nilai efisiensi sebesar 0,13% dan saat 600 rpm, nilai efisiensi pada 2 knot sebesar 0,7% dan pada kecepatan maksimal nilai efisiensi sebesar 0,11%.



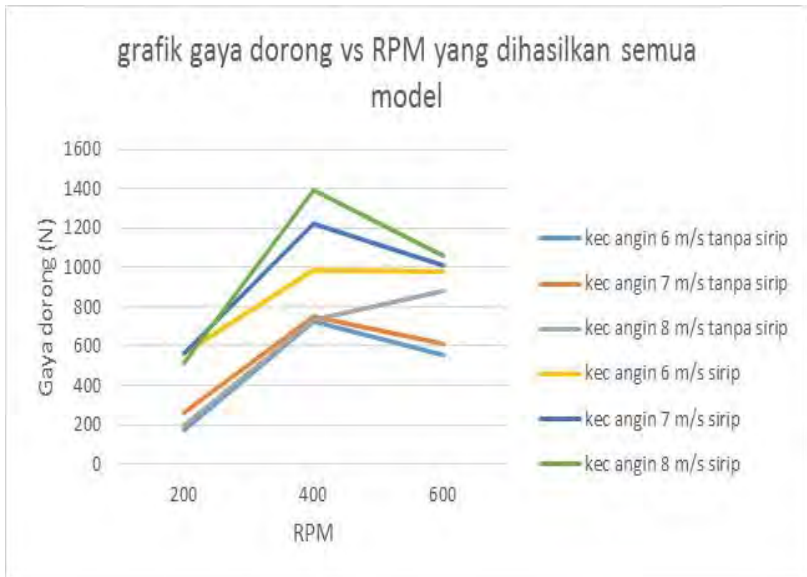
Gambar 4. 9 Efisiensi Kecepatan kapal karena
penggunaan flettner rotor pada kecepatan angin 7m/s vs
Peningkatan kecepatan kapal

Berdasarkan grafik diatas, efisiensi kecepatan kapal karena penggunaan flettner rotor pada saat kecepatan angin 8 m/s terhadap peningkatan kecepatan kapal adalah berbanding terbalik. Semakin tinggi kecepatan kapal maka semakin rendah nilai efisiensi kecepatan kapal karena penggunaan flettner rotor

Untuk flettner tanpa sirip, pada saat kecepatan kapal 2 knot di 200 rpm, nilai efisiensi 0,4% dan terus mengalami penurunan

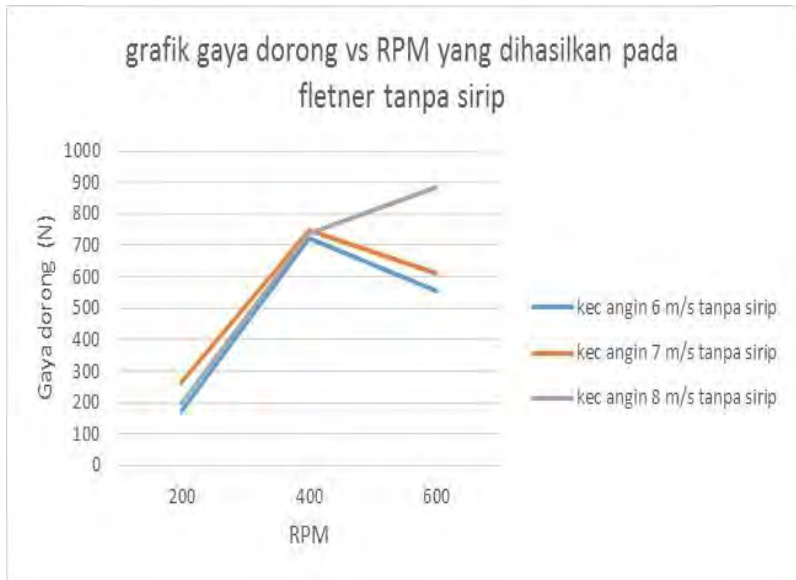
hingga kecepatan maksimal kapal yaitu 12 knot, nilai efisiensinya sebesar 0,06%. Untuk 400 rpm, nilai efisiensi saat kecepatan 2 knot besar 0,57% dan saat kecepatan maksimal nilai efisiensi sebesar 0,09% dan saat 600 rpm, nilai efisiensi pada 2 knot sebesar 0,68% dan pada kecepatan maksimal nilai efisiensi sebesar 0,11%

Untuk flettner bersirip, pada saat kecepatan kapal 2 knot di 200 rpm, nilai efisiensi 0,49% dan terus mengalami penurunan hingga kecepatan maksimal kapal yaitu 12 knot, nilai efisiensinya sebesar 0,08%. Untuk 400 rpm, nilai efisiensi saat kecepatan 2 knot besar 0,85% dan saat kecepatan maksimal nilai efisiensi sebesar 0,14% dan saat 600 rpm, nilai efisiensi pada 2 knot sebesar 0,73% dan pada kecepatan maksimal nilai efisiensi sebesar 0,12%.



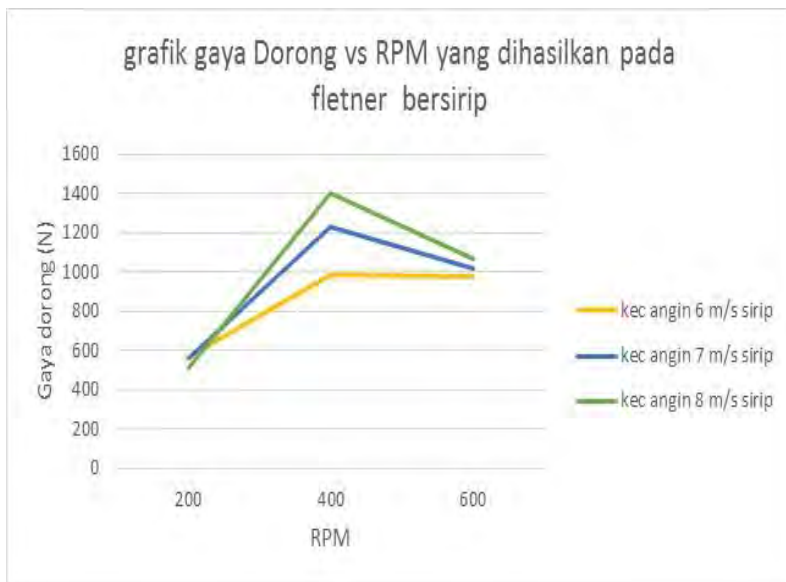
Gambar 4. 10 Grafik gaya dorong vs RPM yang dihasilkan semua model

Berdasarkan grafik diatas, ketika 200 rpm sampai 400 rpm, gaya dorong yang dihasilkan mengalami peningkatan namun dari 400 rpm sampai 600 rpm justru mengalami penurunan. Hanya untuk flettner tak bersirip saat kecepatan angina 8m/s, peningkatan rpm dan gaya dorong berbanding lurus.



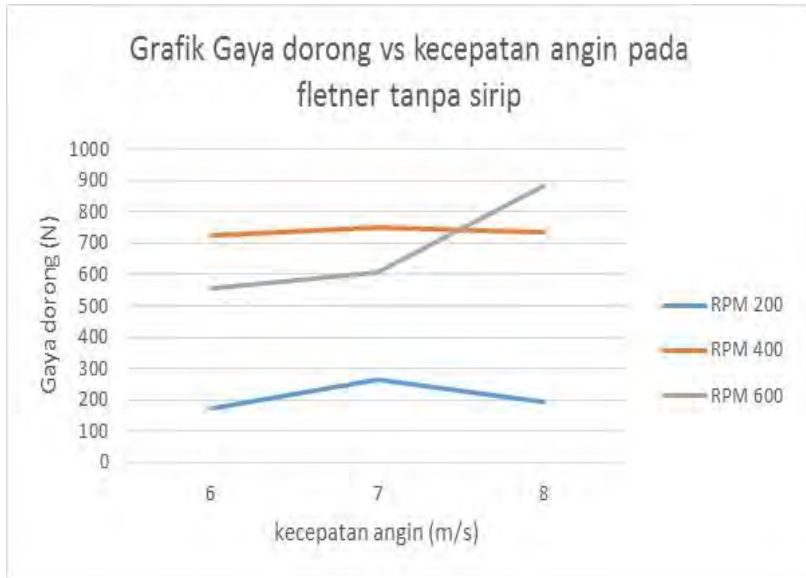
Gambar 4. 11 Grafik gaya dorong vs RPM yang dihasilkan pada flettner tanpa sirip

Berdasarkan grafik diatas, saat kecepatan angina 6 m/s untuk flettner tanpa sirip gaya dorong yang dihasilkan pada 200 rpm sebesar 174 Newton, pada 400 rpm sebesar 723 Newton, dan pada 600 rpm sebesar 554 Newton. Ketika kecepatan angina 7 m/s gaya dorong yang dihasilkan pada 200 rpm sebesar 265 Newton, pada 400 rpm 748 Newton, dan pada 600 rpm sebesar 609 Newton dan pada saat kecepatan angin 8 m/s gaya dorong yang dihasilkan pada 200 rpm sebesar 196 Newton, pada 400 rpm 736 Newton, dan pada 600 rpm sebesar 885 Newton.



Gambar 4. 12 Grafik gaya dorong vs RPM yang dihasilkan pada flettner bersirip

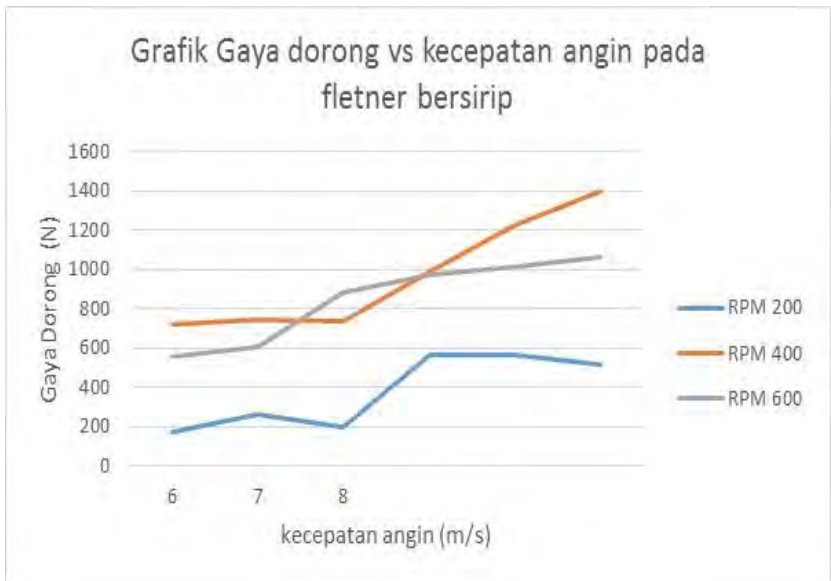
Berdasarkan grafik diatas, saat kecepatan angina 6 m/s untuk flettner tanpa sirip gaya dorong yang dihasilkan pada 200 rpm sebesar 566 Newton, pada 400 rpm sebesar 989 Newton, dan pada 600 rpm sebesar 975 Newton. Ketika kecepatan angina 7 m/s gaya dorong yang dihasilkan pada 200 rpm sebesar 563 Newton, pada 400 rpm 1227 Newton, dan pada 600 rpm sebesar 1015 Newton dan dan pada saat kecepatan angin 8 m/s gaya dorong yang dihasilkan pada 200 rpm sebesar 513 Newton, pada 400 rpm 1397 Newton, dan pada 600 rpm sebesar 1064 Newton.



Gambar 4. 13 Grafik gaya dorong vs kecepatan angin pada flettner tanpa sirip

Berdasarkan grafik diatas, gaya dorong pada kecepatan angin 6m/s sampai 7m/s mengalami peningkatan namun dari kecepatan angin 7m/s sampai 8m/s mengalami penurunan. Pada kecepatan angina 6 m/s sampai 7 m/s di 200 rpm, peningkatan gaya dorong sebesar 91 Newton, pada kecepatan angin 7m/s sampai 8m/s penurunan gaya dorong sebesar 69 Newton. Pada 400 rpm, kecepatan angina saat 6m/s sampai 7m/s mengalami peningkatan sebesar 25 Newton, namun pada kecepatan angina 7m/s sampai 8m/s mengalami penurunan sebesar 12 Newton. Pada 600 rpm, kecepatan angina berbanding lurus dengan

gaya dorong yang dihasilkan. Saat kecepatan angin 6m/s sampai 7m/s mengalami peningkatan sebesar 53 Newton dan pada kecepatan angin 7m/s sampai 8m/s mengalami penurunan sebesar 276 Newton.



Gambar 4. 14 Grafik gaya dorong vs kecepatan angin pada flettner bersirip

Berdasarkan grafik diatas, gaya dorong pada 200 rpm mengalami penurunan, gaya dorong pada 400 rpm terus mengalami peningkatan, dan pada 600 rpm terus mengalami peningkatan.

Pada 200 rpm penurunan gaya dorong sebesar 53 Newton, pada 400 rpm peningkatan gaya dorong sebesar 408

Newton, dan pada 600 rpm peningkatan gaya dorong sebesar 89 Newton.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Setelah melakukan beberapa simulasi model dengan beberapa variasi, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Gaya dorong yang dihasilkan oleh flettner rotor bersirip lebih besar dibandingkan flettner rotor tak bersirip.
2. Pada flettner rotor tanpa sirip, efisiensi tertinggi saat kecepatan kapal maksimal senilai 0,11%.
3. Pada flettner rotor bersirip, efisiensi tertinggi saat kecepatan kapal maksimal senilai 0,14%.
4. Pada flettner rotor tanpa sirip gaya dorong terbesar dihasilkan saat kecepatan angin 7m/s pada 400 rpm.
5. Pada flettner rotor bersirip gaya dorong terbesar dihasilkan saat kecepatan angin 8m/s pada 400 rpm.

5.2. Saran

Dalam pengerjaan skripsi ini tidak lepas dari kekurangan, oleh karena itu untuk perbaikan ke depannya suatu saran membangun baik dari segi analisa dan penulisan, baik penulis sendiri dan pembaca.

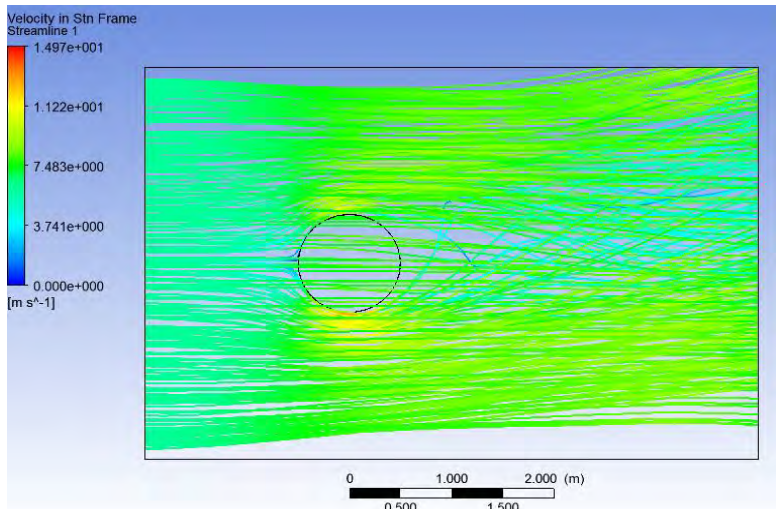
1. Untuk ke depannya, analisa ditambah berbagai variasi, baik kecepatan angin, rpm, panjang, flettner rotor, diameter flettner rotor, maupun jumlah siripnya.
2. Untuk mengetahui hasil simulasi yang lebih akurat sebaiknya menggunakan lebih dari satu software untuk dibandingkan.
3. Menganalisa faktor-faktor lainnya seperti power yang dibutuhkan untuk menggerakkan flettner, pengaruh jalur pelayaran yang dilalui, dan kondisi angin yang tidak menentu.

LAMPIRAN

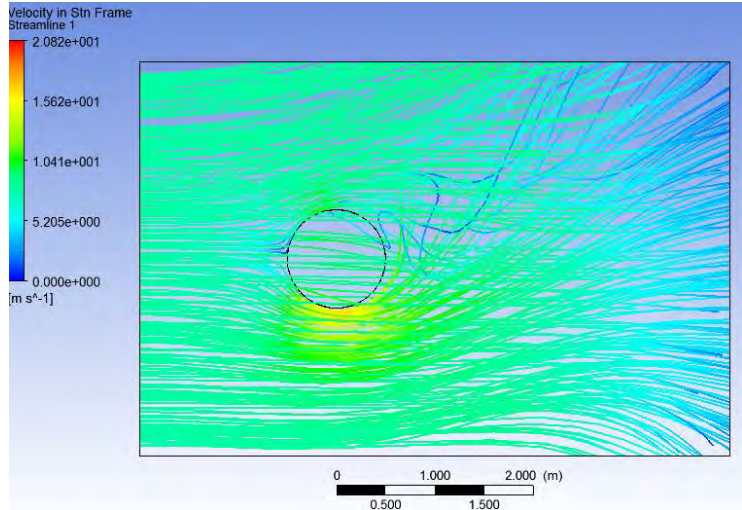
Hasil simulasi model flettner rotor dengan software CFD :

A. Simulasi Flettner rotor tanpa sirip

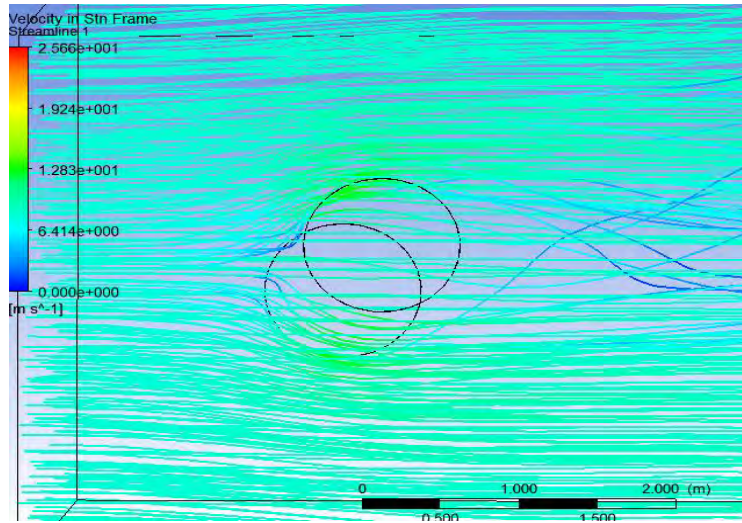
- Kecepatan angin 6m/s di 200 rpm



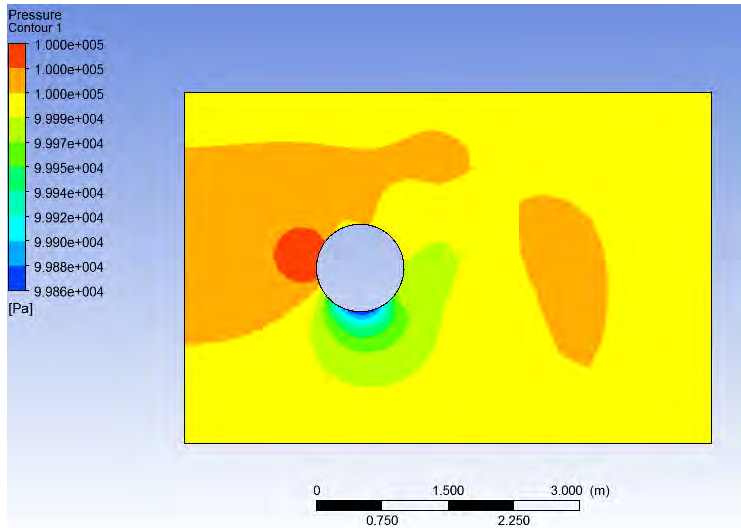
- Kecepatan angin 6m/s di 400 rpm



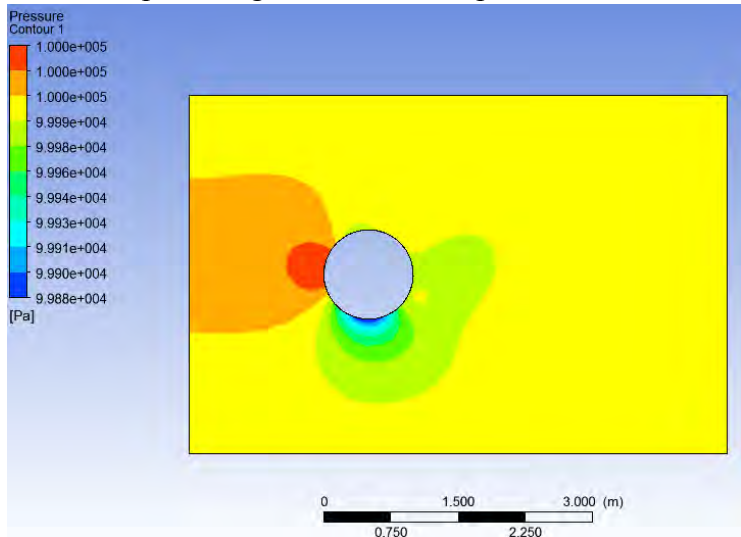
- Kcepatan angin 6m/s di 600 rpm



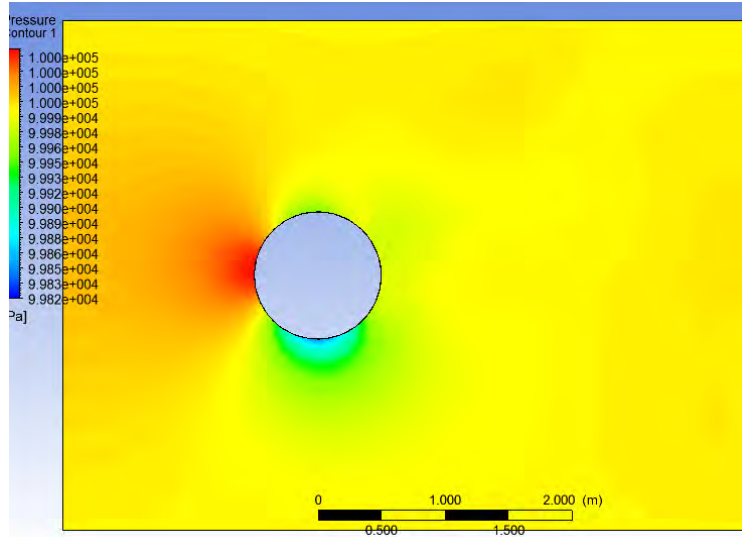
- Kcepatan angin 7m/s di 400 rpm



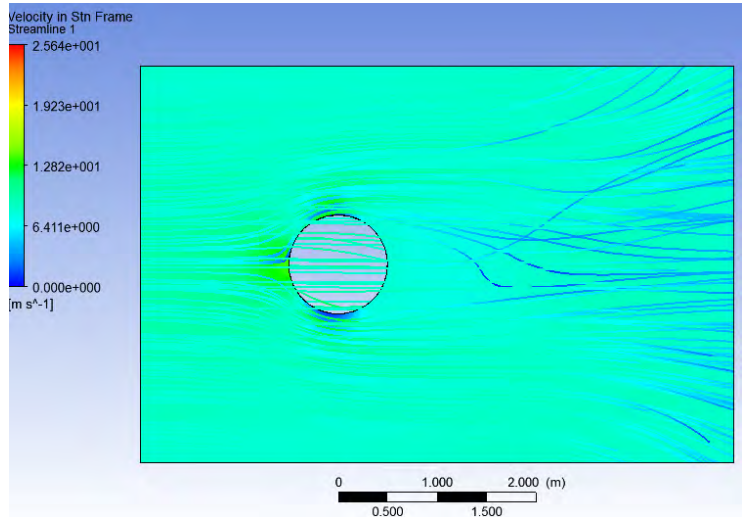
- Kcepatan angin 7 m/s di 600 rpm



- Kecepatan angin 8m/s di 400 rpm



- Kecepatan angin 8m/s di 600 rpm



BIODATA PENULIS

Ondra Penna Ilhami adalah anak pertama dari empat bersaudara. Lahir di Tasikmalaya, 21 Januari 1992. Penulis telah menyelesaikan pendidikannya di SD Negeri 03 Klayan, SMP Negeri 10 Cirebon, SMA Negeri 4 Cirebon, dan pada tahun 2011 penulis melanjutkan studi di S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK ITS. Penulis menulis tugas akhir di bidang Marine Manufacturing & Design (MMD)

DAFTAR PUSTAKA

- [1] www.photographers1.com
- [2] www.boatdesign.net
- [3] <http://www.imare-indonesia.org/?p=309>
- [4] https://ca.wikipedia.org/wiki/Rotor_Flettner
- [5] https://en.wikipedia.org/wiki/Rotor_ship
- [6] <http://irhamna-adrian.blogspot.co.id/2011/10/rahasia-di-balik-tendangan-melengkung.html>
- [7] <https://de.wikipedia.org/wiki/Flettner-Rotor>
- [8] <http://www.ilmuterbang.com/artikel-mainmenu-29/teori-penerbangan-mainmenu-68/129-bab-2-prinsip-penerbangan?showall=1&limitstart=>
- [9] http://marinewiki.org/index.php/Offshore_Supply_Vessels
- [10] https://en.wikipedia.org/wiki/Platform_supply_vessel
- [11] <http://www.namcheong.com.my/our-business/mpsv.cfm>
- [12] https://en.wikipedia.org/wiki/Anchor_handling_tug_supply_vessel
- [13] https://en.wikipedia.org/wiki/Anchor_handling_tug_supply_vessel#/media/File:Normand_Master.jpg

[14] <http://www.marineinsight.com/types-of-ships/what-are-seismic-vessels/>

[15] <http://maritime-connector.com/wiki/offshore-vessels/>

[16] Tuakia, Firman. 2008. Dasar-Dasar CFD Menggunakan FLUENT. Bandung: Informatika

BIODATA PENULIS



Ondra Penna Ilhami adalah anak pertama dari empat bersaudara. Lahir di Tasikmalaya, 21 Januari 1992. Penulis telah menyelesaikan pendidikannya di SD Negeri 03 Klayan, SMP Negeri 10 Cirebon, SMA Negeri 4 Cirebon, dan pada tahun 2011 penulis melanjutkan studi di S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK ITS. Penulis menulis tugas akhir di bidang Marine Manufacturing & Design (MMD).